УДК 591.524.1+611.126

В. В. Соколов

АНГИОАРХИТЕКТОНИКА КЛАПАНОВ СЕРДЦА НЕКОТОРЫХ ВОДНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

В доступной нам отечественной и зарубежной литературе мы не встретили работ, посвященных изучению сосудистой системы клапанов сердца млекопитающих, жизнь которых в большей или меньшей степени связана с водной средой. В то же время исследования по этому вопросу представляют определенный интерес, так как дают возможность проследить особенности кровоснабжения клапанного аппарата сердца, связанные с различной степенью адаптации животных к водному образу жизни.

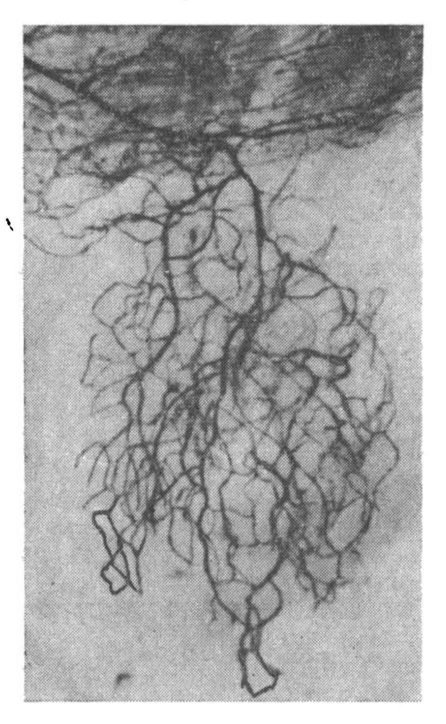
Материалом для исследования послужили 104 сердца взрослых млекопитающих 9 видов из 5 отрядов. Грызуны: речной бобр (*Castor fiber* L.) — 5; нутрия (*Myocastor coypus* Moll.) — 20; ондатра (*Ondatra zibethica* L.) — 15; хищные: белый медведь (*Thalassarctos maritimus* Ph.) — 2; ластоногие: каспийский тюлень (*Phoca caspica* Gm.) — 20; китообразные: дельфин-белобочка (*Delphinus delphis* L.) — 30; афалина (*Tursiops truncatus* Mont.) — 5; азовка (*Phocaena phocaena* L.) — 5; парнокопытные: бегемот (*Hippopotamus amphibius* L.) — 2. Одни из этих животных ведут полуводный образ жизни (речной бобр, нутрия, ондатра, белый медведь, бегемот), другие относятся к почти водным животным (каспийский тюлень), а третьи обитают в воде постоянно (белобочка, афалина, азовка).

Сосудистую систему в предсердно-желудочковых клапанах выявляли с помощью инъекции водной взвесью черной туши через венечные артерии сердца. Тотальные препараты клапанов с предварительно инъецированными кровеносными сосудами растягивали на парафиновых пластинках и фиксировали в 10%-ном растворе нейтрального формалина. После проведения через спирты восходящей крепости их просветляли в ксилоле или диметилфталате, а затем изучали и фотографировали под стереоскопическим микроскопом. Измерения диаметра кровеносных сосудов, их протяженности в направлении от основания к свободному краю клапанов и занимаемой ими площади в створках этих клапанов производили с помощью окулярмикрометра с диоптрийной наводкой и со сменными сеткой и шкалой.

Исследования показали, что у полуводных грызунов (речной бобр, нутрия, ондатра) в предсердно-желудочковые клапаны со стороны их основания проникают артериальные сосуды сравнительно небольшого диаметра (30—45 мкм). В основном это магистральные сосуды, имеющие многочисленные короткие и тонкие боковые ветви (диаметр 12—15 мкм), которые, как и конечные ветви основного ствола (диаметр 10—12 мкм), заканчиваются узкопетлистой сетью капилляров (диаметр 7—10 мкм). Петли капилляров имеют полигональную и неправильно овальную формы. Проникающие в отдельные створки на некотором расстоянии друг от друга магистральные артериальные сосуды, разветвляясь в конечных отрезках и широко анастомозируя, образуют своеобразные сосудистые клубочки. В составе этих клубочков имеются многочисленные капиллярные петли разнообразной формы (рис. 1). Кровеносные сосуды проникают в створки предсердно-желудочковых клапанов реч-

ного бобра на расстояние от 1/2 до 3/5, у нутрии — от 2/5 до 1/2, а у ондатры — от 1/4 до 1/3 длины створок, занимая в них соответственно до 1/5, 1/8 и 1/10 площади.

У белого медведя и бегемота в предсердно-желудочковые клапаны проникают сравнительно широкие артериальные магистрали (диаметр 80—100 мкм). Уменьшаясь в диаметре по направлению к свободному



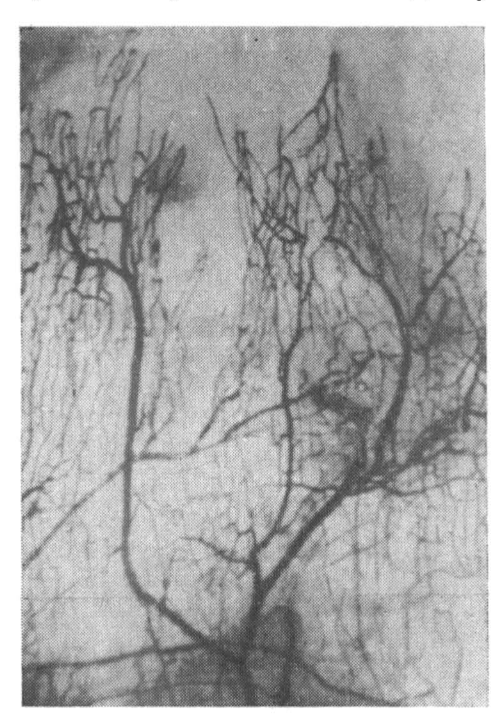
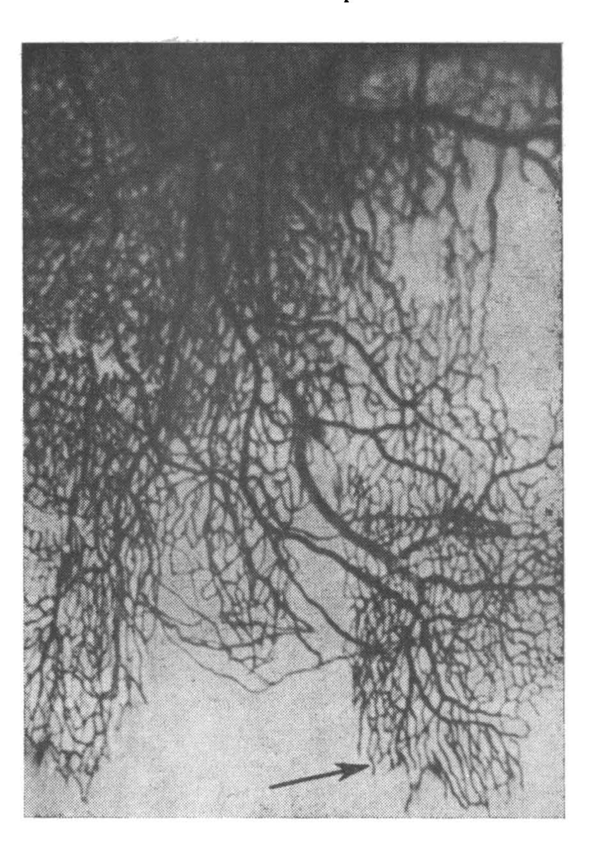


Рис. 1. Артериальные сосуды и петли капилляров, образующие сосудистый клубочек, в створке левого предсердно-желудочкового клапана сердца нутрии (просветленный препарат, инъекция сосудов черной тушью, об. 4, ок. 12,5).

Рис. 2. Магистральные артериальные сосуды и узкопетлистая сеть капилляров в створке правого предсердно-желудочкового клапана сердца белого медведя (просветленный препарат, инъекция сосудов черной тушью, об. 2, ок. 12,5).

краю створок до 20—25 мкм и имея в конечных разветвлениях диаметр 12—15 мкм, они заканчиваются узкопетлистой сетью капилляров (диаметр 7—8 мкм). Обнаруженные в предсердно-желудочковых клапанах сердца белого медведя магистральные артериальные сосуды имеют на бо́льшем протяжении немногочисленные боковые ветви (диаметр 15—20 мкм). Последние, уменьшаясь в диаметре до 10—12 мкм, анастомозируют с ветвями рядом лежащих артериальных сосудов и образуют широкопетлистую сосудистую сеть. Основные магистральные сосуды, многократно ветвясь в конечных отрезках, заканчиваются многочисленными капиллярными петлями в основном полигональной формы (рис. 2). Некоторые сосуды, далеко проникающие в клапаны, имеют извитой ход. В клапанах сердца белого медведя выявлены артерио-венозные анастомозы. Кровеносные сосуды проникают в створки предстердно-желудочковых клапанов сердца бегемота на расстояние от 3/5 до 3/4, а у белого медведя от 2/3 до 4/5 длины створок, занимая в них соответственно до 1/3 и 1/2 площади.

У каспийского тюленя в основании предсердно-желудочковых клапанов располагаются магистральные артериальные сосуды диаметром 50—70 мкм. По направлению к свободному краю створок они отдают значительное количество коротких боковых ветвей (диаметр 12—15 мкм), которые заканчиваются капиллярами (диаметр 7—8 мкм). Последние образуют многочисленные петли полигональной и неправильно овальной форм. В конечных отрезках основной артериальный ствол (диаметр 12—15 мкм) обычно делится на две ветви (диаметр 10—12 мкм), которые, располагаясь параллельно основанию створок, заканчиваются петлями капилляров полигональной формы (диаметр 7—8 мкм). Ветви рядом лежащих сосудов, анастомозируя, образуют густопетлистую сосудистую сеть (рис. 3). Кровеносные сосуды проникают на расстояние до 3/7 длины створок, занимая в них до 1/3 площади. Далеко проникающие в клапаны артериальные магистрали характеризуются извилистостью. В клапаны сердца каспийского тюленя проникают также кровеносные сосуды меньшего диаметра (25—30 мкм). Вблизи основания створок они разветвляются (диаметр 18—20 мкм) и образуют в конечных отрезках петли капилляров неправильно овальной формы. Эти сосуды проникают на расстояние до 1/5 длины створок клапанов, располагаясь на значительном протяжении их основания.



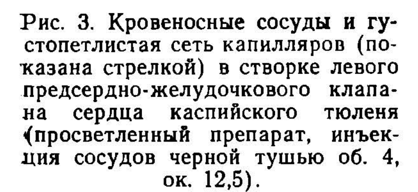
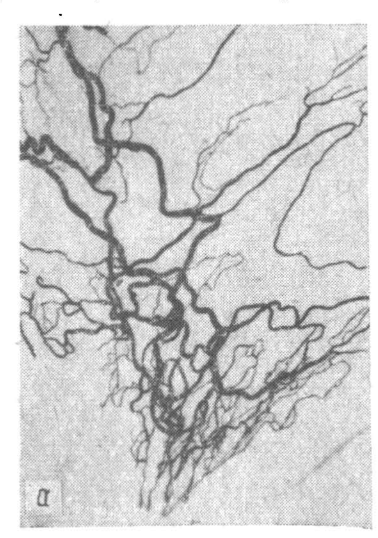


Рис. 3. Кровеносные сосуды и густопетлистая сеть капилляров (показана стрелкой) в створке левого предсердно-желудочкового клапана сердца каспийского тюленя (просветленный препарат, инъекция сосудов черной тушью об. 4, ок. 12,5).

У дельфинов наблюдается сходство общих черт архитектоники сосудистой сети предсердно-желудочковых клапанов с таковой клапанов каспийского тюленя. Однако у различных изученных видов дельфинов в клапанах сердца можно отметить особенности строения кровеносной системы. Так, наиболее широкие, главным образом, магистральные артериальные сосуды (диаметр 75—90 мкм) обнаружены в предсердно-желудочковых клапанах сердца афалины. Уменьшаясь в диаметре по направлению к свободному краю створок до 15—20 мкм, они имеют в конечных отрезках короткие боковые ветви (диаметр 12—15 мкм) и заканчиваются густопетлистой сетью капилляров (диаметр 7—8 мкм). На бо́льшем протяжении от основания в направлении свободного края створок клапанов эти сосуды имеют единичные боковые ветви (диаметр 20—30 мкм), которые анастомозируют с отдельными ветвями рядом

лежащих артериальных сосудов (рис. 4). Кровеносные сосуды проникают на расстояние до 3/5 длины створок, занимая в них до 1/2 площади. В предсердно-желудочковых клапанах сердца дельфина-белобочки и азовки обнаружены кровеносные сосуды несколько меньшего диаметра (50—60 мкм). Причем, у дельфина-белобочки они, как правило, также магистральные и имеют небольшое количество боковых ветвей (диаметр 12—15 мкм), которые заканчиваются петлями капилляров



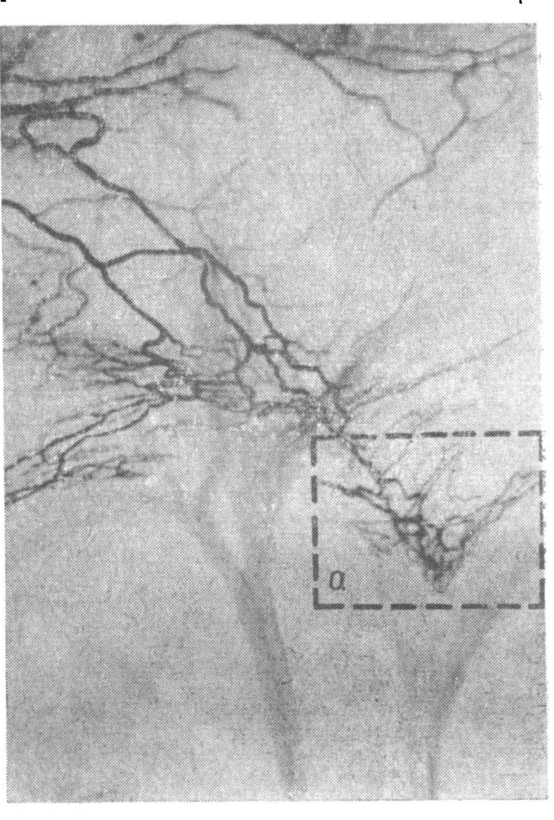


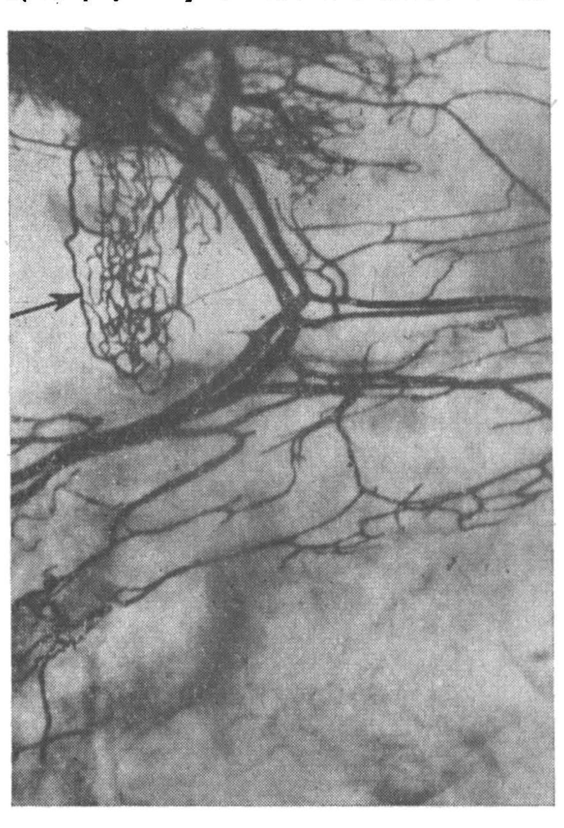
Рис. 4. Магистральные артериальные сосуды и узкопетлистая сеть капилляров в области прикрепления сухожильной хорды (показано пунктиром) к створке левого предсердно-желудочкового клапана сердца афалины (просветленный препарат, инъекция сосудов черной тушью, об. 1, ок. 12,5).

а — участок створки клапана (об. 4, ок. 12,5).

разнообразной формы. Часть капиллярных сосудов боковых ответвлений, анастомозируя, образуют по ходу основного артериального ствола ажурную капиллярную сеть. Уменьшаясь в диаметре по направлению к свободному краю створок до 15—20 мкм, основные артериальные магистрали заканчиваются узкопетлистой сетью капилляров. Кровеносные сосуды проникают в створки предсердно-желудочковых клапанов сердца дельфина-белобочки на расстояние до 4/5 их длины, занимая до 1/3 площади. Наблюдается извилистость далеко проникающих в клапаны артериальных сосудов. В клапанах сердца афалины и дельфина-белобочки выявлены артерио-венозные анастомозы, а также сосудистые клубочки (рис. 5).

У азовки вблизи основания предсердно-желудочковых клапанов имеются многочисленные кровеносные сосуды рассыпного характера (диаметр 30—35 мкм). Отдельные магистральные сосуды (диаметр 40—50 мкм) проникают в створки клапанов на расстояние до 1/3 длины, занимая вместе с густопетлистой сосудистой сетью вблизи основания створок до 1/4 их площади.

Таким образом, проведенные исследования показали, что имеются сходные черты архитектоники сосудистой системы в предсердно-желудочковых клапанах сердца у представителей разных отрядов млекопитающих (грызуны, хищные, ластоногие, китообразные, парнокопытные), жизнь которых связана с водной средой. Они заключаются в хорошей васкуляризации как левого, так и правого предсердно-желудочковых клапанов, преобладании в микроциркуляторной системе клапанов капилляров, образующих узкопетлистую сеть, наличии широких анастомозов между ветвями магистральных и рассыпных сосудов, формировании своеобразных сосудистых клубочков в конечных разветвлениях артериальных магистралей, основную часть которых составляет густопетлистая капиллярная сеть, более интенсивной васкуляризации клапанов у тех водных млекопитающих, которые ныряют на сравнительно бóльшую глубину (афалина, дельфин-белобочка, белый медведь). Указанные особенности архитектоники сосудистой системы клапанов можно рассматривать как результат адаптации животных к водному образу жизни и изменившимся в связи с этим условиям гемодинамики. В данном вопросе мы разделяем мнение других исследователей (Howell, 1930; Крепс, 1941; Томилин, 1948; Андреева, 1954; Lockley, 1955; Клейненберг, 1956; А. Соколов, 1958; Галанцев, 1966; Яблоков и др., 1972; Агарков и др., 1974; Коржуев, 1975; Карандеева и др., 1975).



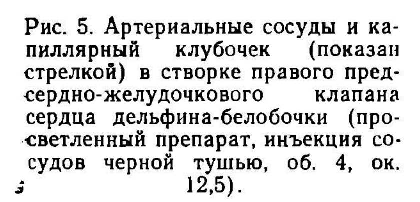


Рис. 5. Артериальные сосуды и капиллярный клубочек (показан стрелкой) в створке правого предсердно-желудочкового клапана сердца дельфина-белобочки (просветленный препарат, инъекция сосудов черной тушью, об. 4, ок. 12,5).

Отмеченные выше особенности: специфичный характер ветвления основных магистральных сосудов, проникающих в клапаны, их протяженность в створках, занимаемая в них площадь, строение капиллярной сети (у речного бобра, нутрии, ондатры); наличие артерио-венозных анастомозов (у белого медведя, афалины, белобочки); извилистость сосудов в клапанах (у каспийского тюленя, дельфинов, белого медведя, бегемота) — очевидно, определяются как глубиной, так и продолжительностью погружения (дыхательной паузой), а также скоростью плавания изученных животных.

ЛИТЕРАТУРА

Агарков Г. Б., Хоменко Б. Г., Хаджинский В. Г. Морфология дельфинов. К., «Наук. думка», 1974, с. 151—158.
Андреева Е. Г. Кровеносная система речного бобра.— Труды Воронеж. заповед.. 1954, вып. 5, с. 30—50.
Галанцев В. П. Эколого-морфологические и функциональные приспособления сердечно-сосудистой системы полуводных млекопитающих. В. кн.: Тез. VII Всесоюз. съезда АГЭ. Тбилиси, «Мецниереба», 1966, с. 206.
Карандеева О. Г., Колчинская А. З., Матишева С. К., Шапунов В. М. Адаптационные особенности дыхания и гемодинамики дельфинов. В кн.: Морские млекопитающие. К., «Наук. думка», 1975, с. 131—132.
Клейненберг С. Е. Млекопитающие Черного и Азовского морей, М., Изд-во АН СССР, 1956, с. 84—86.
Коржуев П. А. Об особенностях адаптации крупных китообразных к водной среде обитания. В кн.: Морские млекопитающие. К., «Наук. думка», 1975, с. 147—149.
Крепс Е. М. Особенности физиологии ныряющих животных.— Усп. совр. биол., 1941, 14, вып. 3, с. 454—464.
Соколов А. С. Особенности калибра и распределения некоторых кровеносных сосудов у водных (тюлень) и наземных (собака) млекопитающих. В кн.: Тез. докл. VI Всесоюз. съезда АГЭ. Харьков, 1958, с. 238.
Томилин А. Г. К биологии и физиологии черноморских дельфинов.— Зоол. журн., 1948, 27, вып. 1, с. 53—64.
Яблоков А. В., Белькович В. М., Борисов В. И. Киты и дельфины. М., «Наука», 1972, с. 165—166.
Howell A. B. Aqatic mammals (their adaptations to like in the water). Springfield-Baltimore, 1930.
Lockley R. M. The lives of the seals.— Geogr. Mag., 1955, 28, N 6, p. 297—310.

Ростовский мединститут

Поступила в редакцию
25.IV 1977 г.